

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 07 436.8

Anmeldetag: 20. Februar 2003

Anmelder/Inhaber: Polytec GmbH,
76337 Waldbronn/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum optischen Vermessen
eines Zahn-Abgussmodells in der restaurativen
Zahnheilkunde

IPC: A 61 C, G 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hintermeier



LEMCKE · BROMMER & PARTNER
PATENTANWÄLTE
BISMARCKSTR. 16 · D-76139 KARLSRUHE

20. Februar 2003
19 810 (Ka/ko)

Polytec GmbH
Polytec-Platz 1 - 7
76337 Waldbronn

Verfahren und Vorrichtung zum optischen Vermes-
sen eines Zahn-Abgussmodells in der restaurati-
ven Zahnheilkunde

LEMCKE · BROMMER & PARTNER
PATENTANWÄLTE
BISMARCKSTR. 15 · D-76133 KARLSRUHE

20. Februar 2003
19 810 (Ka/ko)

Zusammenfassung

Zur berührungslosen und zerstörungsfreien Vermessung von Oberflächen von Zahn-Abgussmodellen in der restaurativen Zahnheilkunde wird vorgeschlagen, eine Kohärenzradarvorrichtung zu verwenden, deren Messrichtung mit der Einschubrichtung bzw. Aufsteckrichtung für die zahnärztliche Restauration in Übereinstimmung gebracht wird, und zwar mit Hilfe eines Echtzeit-Videobildes, das ebenfalls in der Einschubrichtung bzw. Aufsteckrichtung aufgenommen wird. Die Probenhalterung ist hierbei vorzugsweise ein handelsüblicher Magnet-Kipptisch. Hierbei kann eine Lichtquelle verwendet werden, die eine schmale Bandbreite von ca. 3 Nanometern bis 40 Nanometern aufweist.

10

LEMCKE · BROMMER & PARTNER
PATENTANWÄLTE
BISMARCKSTR. 16 · D-76133 KARLSRUHE

20. Februar 2003
19 810 (Ka/ko)

B e s c h r e i b u n g

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum optischen Vermessen eines Zahn-Abgussmodells in der restaurativen Zahnheilkunde.

Insbesondere beim Herstellen von Zahnkronen und Brücken zum Restaurieren von
5 Zähnen ist man nicht zuletzt aus Kostengründen bestrebt, die herkömmliche hand-
werkliche Anfertigung des Zahnersatzes zu automatisieren. Zur mechanisierten
oder gar vollautomatischen Herstellung von solchem Zahnersatz muss allerdings
ein Datensatz über die genauen Abmessungen der herzustellenden Krone oder
Brücke vorliegen. Ein Bereich, in dem besonders hohe Anforderungen an die Maß-
10 toleranzen bestehen, ist die Kontaktfläche zwischen dem vom Zahnarzt beschlif-
fenen Zahnstumpf und dem herzustellenden, auf den Zahnstumpf aufzusetzenden
Zahnersatz. Eine sehr genaue Vermessung des beschliffenen Zahnstumpfs ist da-
her unerlässlich. Daneben ist es auch wichtig, auch die benachbarten Zähne und
deren Abstand zum beschliffenen Zahnstumpf zu vermessen.

15 Üblicherweise wird nicht der Zahnstumpf selbst, sondern ein Abgussmodell des-
selben vermessen. Dies geschieht in herkömmlicher Weise entweder taktil, also
mittels einer mechanischen Abtastung, oder über eine optische, dreidimensiona-
le Vermessung des Zahns mittels Streifenprojektion, also einem Triangulations-
20 verfahren.

Die Triangulation eignet sich an sich zwar sehr gut für die Vermessung von dif-
fus reflektierenden Oberflächen; problematisch sind jedoch: die Messunsicher-
heit, die mit zunehmendem Arbeitsabstand zunimmt, die Tatsache, dass der zu
25 vermessende Zahn mit einem Streifenmuster beleuchtet wird, während eine Ka-
mera das Bild aus einer anderen Richtung aufnimmt, so dass Abschattungen
durch die Nachbarzähne entstehen, sowie die Notwendigkeit, den Zahn aus al-

len möglichen Raumrichtungen zu vermessen, wodurch große Datenmengen durch eine hohe Anzahl von Einzelmessungen entstehen, deren Zusammenführung zur dreidimensionalen Darstellung des Zahns sehr aufwendig ist. Diese für eine Streifenprojektion-Messung typischen Begleitumstände bedingen auch,
5 dass der zu vermessende Zahnstumpf im Abgussmodell von den benachbarten Zähnen isoliert und starr auf einer Probenhalterung fixiert werden muss, üblicherweise mittels Eingipsen des Zahnmodells in der Probenhalterung. Ferner werden durch das Zusammenführen der Messdaten Fehler erzeugt, die die erlaubten Toleranzen bisweilen überschreiten.

10

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum optischen Vermessen eines Zahn-Abgussmodells in der restaurativen Zahnheilkunde zu schaffen, mit denen die Vermessung insbesondere eines zahnärztlich präparierten Zahns – also nicht nur eines Zahnstumpfs,
15 sondern auch beispielsweise eines zur Aufnahme eines Inlays präparierten Zahns – einfacher und schneller als bisher, jedoch gleichwohl mit der erforderlichen Genauigkeit vorgenommen werden kann.

Diese Aufgabe ist gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des beigefügten Patentanspruches 1 sowie durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des beigefügten Patentanspruchs 7. Bevorzugte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens finden sich in den Patentansprüchen 2 bis 6; vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind in den Patentansprüchen 8 bis 11 niedergelegt.

25

Die Erfindung zeichnet sich also hauptsächlich dadurch aus, dass das Abgussmodell mit einer Kohärenzradarvorrichtung vermessen wird. Zuvor werden das Abgussmodell und die Kohärenzradarvorrichtung relativ zueinander so ausgerichtet, dass die Richtung der Messstrahlen der Kohärenzradarvorrichtung (also deren Z-Richtung) mit der Einschubrichtung bzw. Aufsetzrichtung der zahnärztlichen Restauration im Wesentlichen übereinstimmt. Dem liegt die erfindungsgemäße Erkenntnis zugrunde, dass ein für Zahnersatz beschliffener Zahn aus der Richtung gesehen, in der der Zahnersatz eingeschoben bzw. aufgesetzt wird, keine Hinterschneidungen aufweist. Wenn man den präparierten Zahn also
30

aus dieser Richtung vermisst, muss mit keinerlei Hinterschneidungen gerechnet werden, so dass diese eine Messung ausreicht, um die interessierende Zahnfläche darzustellen. Weitere Messdaten aus weiteren Raumrichtungen erübrigen sich insoweit. Hierdurch wird die beim Vermessen generierte Datenmenge geringer und es müssen auch nicht verschiedene Bilder aus unterschiedlichen Raumrichtungen zusammengeführt werden, um ein dreidimensionales Bild der Probe zu erhalten. Die erfindungsgemäße Erkenntnis ermöglicht also eine erhebliche Datenreduzierung und eine sehr viel einfachere Auswertung der beim Vermessen gewonnenen Daten.

10

Das Ausrichten der Kohärenzradarvorrichtung und des Abgussmodells des mit einer zahnärztlichen Restauration zu restaurierenden Zahns erfolgt nach der Erfindung mit Hilfe eines Echtzeit-Videobildes, welches zumindest den zu restaurierenden Zahn aus eben dieser Z-Richtung der Kohärenzradarvorrichtung zeigt. Insbesondere durch entsprechendes Ausrichten der Probenhalterung, das in Echtzeit am Video-Bildschirm überwacht und gesteuert werden kann, kann der Zahntechniker das erfindungsgemäße Ausrichten vorzugsweise schnell und einfach von Hand bewerkstelligen. Da in der Kohärenzradarvorrichtung die Beleuchtungsrichtung der Z-Richtung entspricht, kann der Zahntechniker am Videobild erkennen, dass die Beobachtungsrichtung, also die Z-Richtung, im Wesentlichen mit der Einschubrichtung bzw. Aufsetzrichtung der zahnärztlichen Restauration übereinstimmt.

25

Kohärenzradarvorrichtungen sind an sich bekannt. Eine solche ist beispielsweise in der Veröffentlichung des VDI-Technologiezentrums Physikalische Technologien „Info-Börse-Laser“, Ausgabe Nr. 36/April 1999, beschrieben. Es handelt sich hierbei um eine Vorrichtung, die das Prinzip der Interferometrie zur Formerkennung auch für optische raue Oberflächen anwendbar macht; sowohl glatte als auch raue Oberflächen können bis auf einen Mikrometer und genauer in Z-Richtung vermessen werden. Hierbei ist die Messunsicherheit abstandsunabhängig.

Die Probenhalterung für das zu vermessende Zahn-Abgussmodell ist vorzugsweise ein in jedem Zahntechniklabor vorhandener, handelsüblicher Magnet-Kipptisch. Dieser ermöglicht eine sehr einfache Halterung für das Abgussmodell
5 und ein ebenso einfaches Ausrichten nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit Hilfe des Echtzeit-Videobildes.

Besonders bevorzugt wird die im Rahmen der Erfindung verwendete Kohärenzradarvorrichtung derart modifiziert, dass nicht mehr Weißlicht zum Messen verwendet wird, sondern eine Lichtquelle mit einer schmalen Bandbreite typischerweise zwischen 3 Nanometern und 40 Nanometern. Durch die Verringerung der
10 Bandbreite verringert sich zwar die Messgenauigkeit in Z-Richtung; jedoch liegt sie in dem für diese Anwendung tolerierbaren Bereich um die 10 Mikrometer. Im Gegenzug kann durch die Verringerung der Bandbreite des Messlichts die
15 Messgeschwindigkeit und die Anzahl der gültigen Messpunkte erhöht werden.

Bekannte Kohärenzradarvorrichtungen haben ein definiertes Messfeld mit einer definierten Anzahl von Messpunkten. Insbesondere bei der Herstellung von Brücken ist die Ausdehnung dieses Messfeldes jedoch oft nicht ausreichend, um
20 sämtliche beteiligten Zähne in einem Bild darstellen zu können. Hierzu wird vorgeschlagen, dass zur Vergrößerung des Messfeldes zwei sich teilweise überlappende Messungen durchgeführt werden. Die Zusammenführung dieser zwei Messungen kann nun entweder dadurch ermöglicht werden, dass das Abgussmodell relativ zur Kohärenzradarvorrichtung und orthogonal zur Z-Richtung definiert verschoben werden kann, d. h. die Verstellung der Probenhalterung ist immer konstant und geht in die Berechnung der Darstellung der Messergebnisse
25 ein, was die Konstruktion eines „überlappenden“ Bildes ermöglicht. Alternativ oder in Kombination zu dieser Maßnahme kann die Verschiebung zwischen den beiden Messungen jedoch auch aus dem Überlappingsgebiet der Messdaten
30 anhand eines Vergleichs der jeweiligen Messdaten rechnerisch ermittelt werden.


Zur Vergrößerung des Messfeldes kann allerdings auch ein wechselbares Kameraobjektiv vorgesehen sein. Dieses kann das Messfeld vergrößern, wobei allerdings in Kauf genommen werden muss, dass die laterale Auflösung verringert


wird. Jedoch entspricht die laterale Auflösung normalerweise auch dann noch den Anforderungen, wenn ein Kameraobjektiv eingesetzt wird, das das Messfeld vergrößert.

- 5 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist im Folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipskizze einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit horizontal verfahrbarem Objekttisch;

- 10 Figur 2 eine Prinzipskizze wie in Figur 1, jedoch mit einem wechselbaren Objektiv für die Kamera.

- 
- 15 In der Figur 1 ist der prinzipielle Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Ein Abgussmodell 1 ist in einer Probenhalterung 2 eines Magnet-Kipptisches 3 gehalten. Der mit einer (nicht dargestellten, da noch herzustellen-
den) zahnärztlichen Restauration zu restaurierende Zahn 4 ist zum Aufsetzen einer Krone so beschliffen und ausgerichtet, dass er in der Aufsetzrichtung 5 (Z-Richtung) keinen Widerstand gegen das Aufsetzen der Krone bietet und ins-
besondere keine Hinterschneidungen zeigt. Eben diese Aufsetzrichtung 5 ist
20 erfindungsgemäß auch die Z-Richtung einer Kohärenzradarvorrichtung 6, die im Wesentlichen aus einer Beleuchtung 7, einem Referenzspiegel 8, einem Strahlteiler 9 und einer Kamera 10 mit zugehörigen optischen Abbildungssystemen besteht. Das Messfeld 11 der Kohärenzradarvorrichtung 6 entspricht in etwa der Fläche der Projektion des zu restaurierenden Zahnes 4 und der Nachbarzähne
25 in Z-Richtung 5.

- 
- 30 Die in Figur 2 dargestellte Prinzipskizze entspricht im Wesentlichen der Prinzipskizze aus Figur 1, wobei gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Daher kann im Wesentlichen auf die obige Beschreibung der Figur 1 verwiesen werden.

Der Unterschied zwischen Figur 1 und Figur 2 besteht in der Art und Weise, wie das Messfeld 11 vergrößert werden kann. In Figur 1 ist ein orthogonal zur Z-Achse 5 verfahrbarer Magnet-Kipptisch 3 vorgesehen, um überlappende Bilder

des Abgussmodells 1 aufnehmen zu können. Hierfür ist der Magnet-Kipptisch 3 auf einem Fahrschlitten 12 befestigt. Figur 2 hingegen zeigt eine Kohärenzradarvorrichtung 6 mit einer Kamera 10, die mit einem Wechselobjektiv 13 ausgerüstet ist, um das Messfeld 11 bedarfsweise vergrößern zu können.


5

LEMCKE · BROMMER & PARTNER
PATENTANWÄLTE
BISMARCKSTR. 16 · D-76133 KARLSRUHE


20. Februar 2003
19 810 (Ka/ko)

Patentansprüche

1. Verfahren zum optischen Vermessen eines Zahn-Abgussmodells in der restaurativen Zahnheilkunde, mit folgenden Verfahrensschritten:

- 
- 5 - Ausrichten einer Kohärenzradarvorrichtung auf das Abgussmodell des mit einer zahnärztlichen Restauration zu restaurierenden Zahns und/oder umgekehrt, so dass die Richtung der Messstrahlen der Kohärenzradarvorrichtung (Z-Richtung) mit der Einschubrichtung bzw. Aufsetzrichtung der zahnärztlichen Restauration im Wesentlichen übereinstimmt,
- 10 - wobei das Ausrichten mit Hilfe eines Echtzeit-Videobildes erfolgt, welches zumindest den zu restaurierenden Zahn aus der Z-Richtung der Kohärenzradarvorrichtung zeigt,
- Vermessen des Abgussmodells mit der Kohärenzradarvorrichtung.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

- 
- 15 dadurch gekennzeichnet,
dass das Abgussmodell des zu restaurierenden Zahns auf einem Magnet-Kipptisch außerhalb der Kohärenzradarvorrichtung ausgerichtet wird und dann in das Messfeld der Kohärenzradarvorrichtung eingebracht wird.

20 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

- dadurch gekennzeichnet,
dass die Vermessung des Abgussmodells mittels der Kohärenzradarvorrichtung mit Licht einer Bandbreite zwischen 3 Nanometern und 40 Nanometern durchgeführt wird.

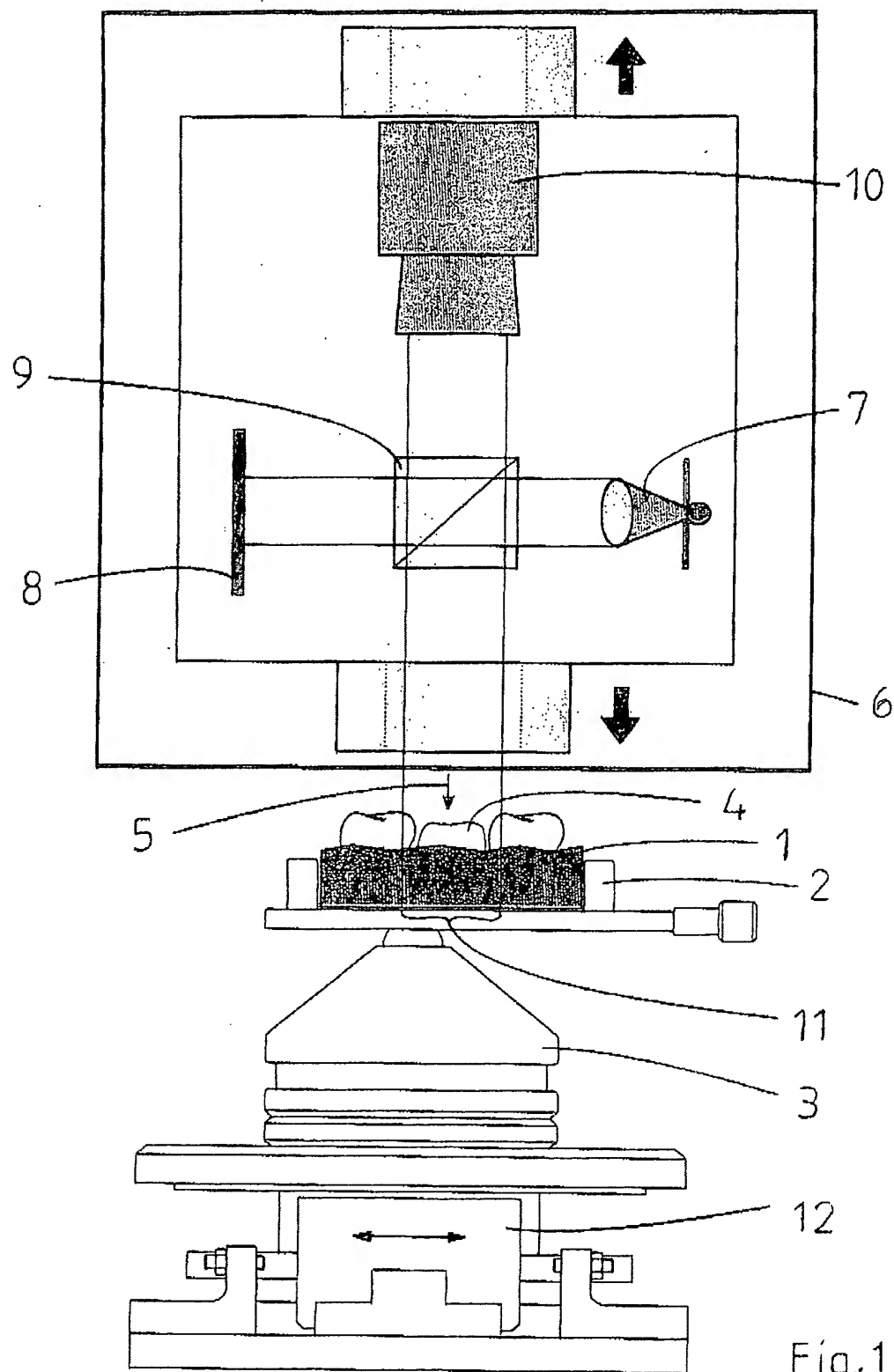
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Vergrößerung des Messfeldes der Kohärenzradarvorrichtung zwei
- 5 Messungen durchgeführt werden, wobei das Abgussmodell relativ zur Kohärenzradarvorrichtung und orthogonal zur Z-Richtung definiert verschoben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
- 10 dass zur Vergrößerung des Messfeldes der Kohärenzradarvorrichtung zwei sich teilweise überlappende Messungen durchgeführt werden, wobei die Verschiebung des Abgussmodells relativ zum Messfeld oder umgekehrt anhand des sich überlappenden Teils der Messdaten rechnerisch ermittelt wird.
- 15 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Messfeld mittels eines auswechselbaren Kameraobjektivs in der Kohärenzradarvorrichtung vergrößert werden kann.
- 20 7. Vorrichtung zum optischen Vermessen eines Zahn-Abgussmodells in der restaurativen Zahnheilkunde, umfassend:
- eine Kohärenzradarvorrichtung (6) und eine Probenhalterung (2) für das Abgussmodell (1) eines mit einer zahnärztlichen Restauration zu restaurierenden Zahnes (4),
 - 25 - wobei die Kohärenzradarvorrichtung (6) und/oder die Probenhalterung (2) derart verstellbar ausgebildet sind, dass die Richtung der Messstrahlen (die Z-Richtung (5) der Kohärenzradarvorrichtung (6)) mit der Einschubrichtung bzw. Aufsetzrichtung (5) der zahnärztlichen Restauration in Übereinstimmung bringbar sind,
 - 30 - sowie eine Kamera (10) zur Aufnahme eines Echtzeit-Videobildes, welches zumindest den zu restaurierenden Zahn (4) aus der Z-Richtung (5) der Kohärenzradarvorrichtung (6) zeigt,
 - und eine Anzeigevorrichtung zum Darstellen des aufgenommenen Echtzeit-Videobildes.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Probenhalterung (2) im Wesentlichen aus einem Magnet-Kipptisch (3)
5 besteht.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Lichtquelle (7) der Kohärenzradarvorrichtung (6) eine Bandbreite zwi-
10 schen 3 Nanometern und 40 Nanometern aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Probenhalterung (2) orthogonal zur Z-Richtung (5) der Kohärenzradar-
15 vorrichtung (6) definiert verschiebbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Kohärenzradarvorrichtung (6) mit einem wechselbaren Kameraobjektiv
20 (13) ausgerüstet ist.



14

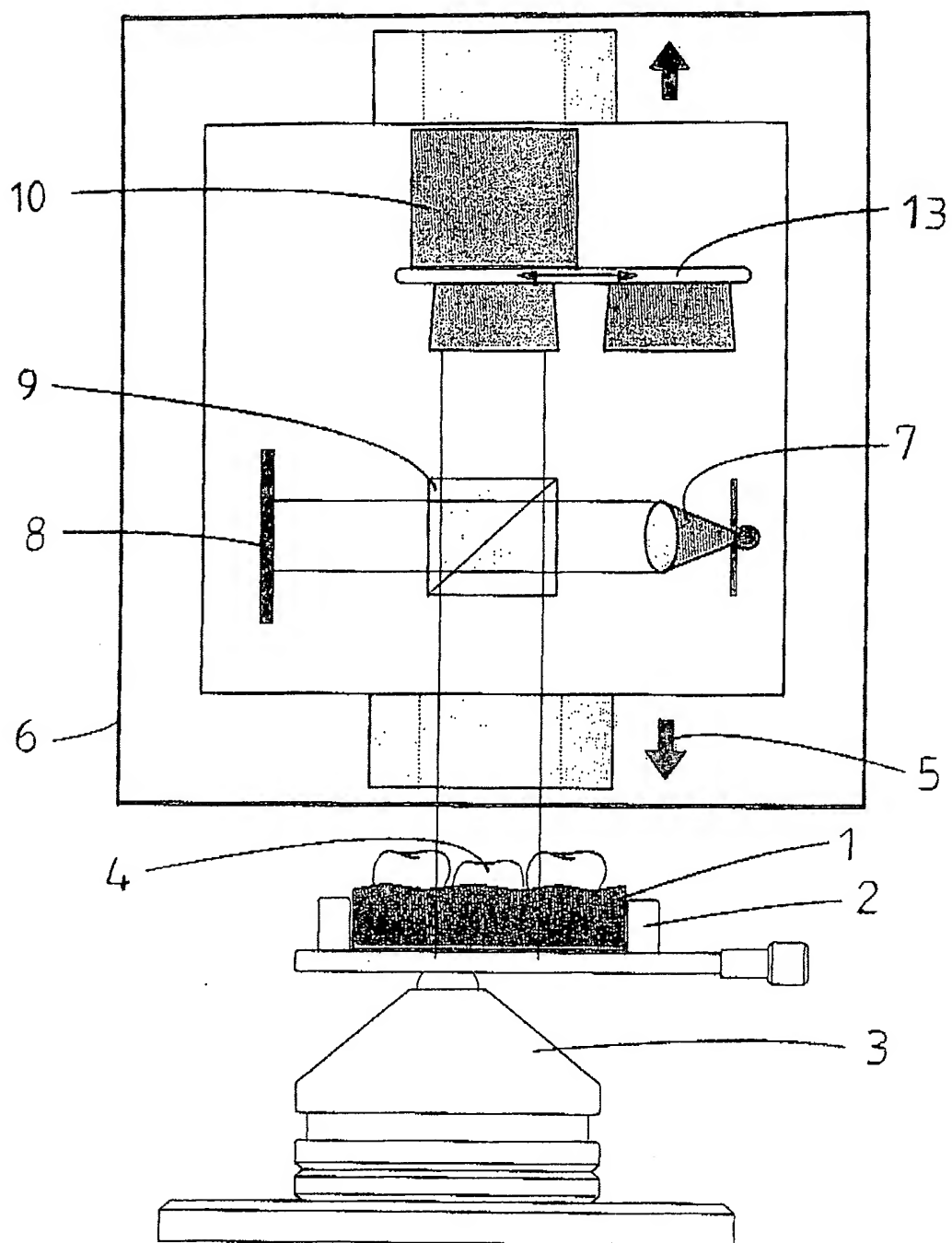


Fig. 2